

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
CURSO: ENGENHARIA CIVIL**

**GUSTAVO APOLINÁRIO ARAGÃO**  
**MATRÍCULA: 2093630/0**

**ANÁLISE COMPARATIVA DA TEMPERATURA NAS  
MANTAS ASFÁLTICAS EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE  
EXPOSIÇÃO**

GUSTAVO APOLINÁRIO ARAGÃO

**ANÁLISE COMPARATIVA DA TEMPERATURA NAS  
MANTAS ASFÁLTICAS EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE  
EXPOSIÇÃO**

Trabalho de Curso (TC) apresentado  
como um dos requisitos para a conclusão  
do curso de Engenharia Civil do UniCEUB  
- Centro Universitário de Brasília

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Irene de Azevedo  
Lima Joffily

Brasília  
2013

GUSTAVO APOLINÁRIO ARAGÃO

## **ANÁLISE COMPARATIVA DA TEMPERATURA NAS MANTAS ASFÁLTICAS EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE EXPOSIÇÃO**

Trabalho de Curso (TC) apresentado  
como um dos requisitos para a  
conclusão do curso de Engenharia Civil  
do UniCEUB - Centro Universitário de  
Brasília

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Irene de Azevedo  
Lima Joffily

Brasília, 28 de junho de 2013.

### **Banca Examinadora**

---

Prof. (a) Irene de Azevedo Lima Joffily, M.Sc.  
Orientadora

---

Prof. Flávio de Queiroz Costa, M.Sc.  
Examinador Interno

---

Prof. Nielsen José Dias Alves, M.Sc.  
Examinador Externo, UCB

## **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento das mantas asfálticas autoprotegidas, manta com proteção mecânica sem isolamento térmico e com a adição do mesmo. Para isso, a metodologia adotada foi com a exposição das mantas durante três meses sendo realizadas três medidas diárias da temperatura interna, ambiente e superficial. Nas idades de 1 e 2 meses foram retiradas amostras para realização de ensaios laboratoriais com objetivo de avaliar suas perdas e comparar as mantas expostas. Os resultados obtidos com as medidas de temperaturas foram que o isolamento térmico utilizado não altera o gradiente térmico na manta asfáltica, porém retarda de forma significativa o fluxo de calor diminuindo a velocidade da troca de calor entre o contrapiso e a manta. As mantas aluminizadas absorvem menos calor em situações de alta incidência solar quando comparada a manta ardosiada, porém as mesmas sofrem perdas na sua eficiência mais rapidamente em função da perda de brilho da camada de alumínio. Os ensaios laboratoriais não apresentaram diferença significativa para o tempo de exposição de 2 meses.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 OBJETIVOS .....	3
1.1.2 Objetivo geral .....	3
1.1.3 Objetivos específicos.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1 SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO.....	4
2.2 MANTAS ASFÁLTICAS.....	5
2.2.1 Massa asfáltica.....	7
2.2.2 Estruturante.....	8
2.2.3 Acabamento superficial .....	9
2.3 POLÍMEROS .....	10
2.4 VIDA ÚTIL DOS MATERIAIS .....	12
2.5 TECNOLOGIA DA IMPERMEABILIZAÇÃO .....	14
2.6 ISOLAMENTO TÉRMICO .....	15
3 METODOLOGIA.....	17
3.1 MATERIAIS UTILIZADOS .....	18
3.1.1 Cimento.....	19
3.1.2 Agregado miúdo .....	19
3.1.3 Mantas asfálticas.....	20
3.1.4 Isolamento térmico .....	22
3.2 INSTALAÇÃO DAS MANTAS ASFÁLTICAS.....	23
3.3 CONTROLE DA TEMPERATURA .....	27
3.4 RETIRADA DAS AMOSTRAS E ENSAIOS LABORATORIAIS.....	31

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	33
4.1 ANÁLISE DA TEMPERATURA .....	33
4.1.1 Mantas com proteção mecânica.....	35
4.1.2 Mantas autoprotegidas .....	39
4.1.3 Variação de Temperatura.....	41
4.2 ANÁLISE DA TEMPERATURA AMBIENTE .....	43
4.2 ANÁLISE DOS ENSAIOS LABORATORIAIS.....	44
5 CONCLUSÃO.....	46
5.1 SUGETÃO PARA TRABALHOS FUTUROS .....	47
REFERÊNCIAS.....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Disposição da manta.....	10
Figura 2 - Gráfico de desempenho ao longo do tempo .....	13
Figura 3 - Disposição dos Sensores e Mantas .....	18
Figura 4 – Gráfico de granulometria.....	20
Figura 5 - Base com o primer aplicado.....	24
Figura 6 - Biselamento com auxílio do maçarico .....	24
Figura 7 - Montagem das MAC .....	25
Figura 8 - Montagem das MACI .....	25
Figura 9 – Execução do contrapiso .....	26
Figura 10 – Contrapiso finalizado.....	26
Figura 11 – Disposição final das MAC e MACI.....	27
Figura 12 – Instalação dos sensores termopar .....	28
Figura 13 – Termômetro com mira laser .....	29
Figura 14 – Termômetro de temperatura ambiente.....	29
Figura 15 - Retirada de amostras para ensaio .....	32
Figura 16 – Temperaturas médias nos sensores termopar - março.....	33
Figura 17 - Temperaturas médias nos sensores termopar - abril.....	34
Figura 18 - Gráfico das temperaturas médias nos sensores termopar - março .....	35
Figura 19 - Gráfico das temperaturas médias nos sensores termopar - abril.....	35
Figura 20 - Gráfico da temperatura da superfície no mês - março.....	36
Figura 21 - Gráfico da temperatura da superfície no mês - abril. ....	36
Figura 22 – Temperatura da MACI no sensor termopar e superficial - março.....	37
Figura 23 – Temperatura da MACI no sensor termopar e superficial - abril.....	37
Figura 24 - Temperatura da MAC no sensor termopar e superficial - março. ....	38
Figura 25 - Temperatura da MAC no sensor termopar e superficial - abril.....	38
Figura 26 - Gráfico das temperaturas médias nos sensores termopar das mantas autoprotégidas no mês de março. ....	40
Figura 27 - Gráfico das temperaturas médias nos sensores termopar das mantas autoprotégidas no mês de abril. ....	40

Figura 28 - Mantas autoprotégidas.....	41
Figura 29 - Variação de temperatura nos sensores termopar nos meses de março e abril. ....	42
Figura 30 - Gráfico de temperatura ambiente nos meses de março e abril.....	43
Figura 31 - Gráfico de temperatura ambiente nos meses de março e abril.....	44



## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação das mantas.....	6
Quadro 2 – VUP mínima. ....	14
Quadro 3 - Terminologia adotada.....	17
Quadro 4 – Granulometria.....	19
Quadro 5 - Características das mantas.....	21
Quadro 6 - Resultados dos ensaios com tempo zero.....	22
Quadro 7 - Especificações do isolamento térmico. ....	23
Quadro 8 - Quadro de medição 1.....	30
Quadro 9 - Quadro de medição 2.....	31
Quadro 10 - Comparativo de temperaturas.....	39
Quadro 11 - Variação de temperatura nos sensores termopar. ....	42
Quadro 12 - Apresentação dos ensaios laboratoriais das MA, MAC e MACI.....	44
Quadro 13 - Apresentação dos ensaios laboratoriais das MAL e MAR.....	45

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Bauer et al (2007, p. 1355) a impermeabilização na construção civil tem a função de impedir o contato indesejável de águas, em seus vários estados físicos, com os componentes da edificação, podendo atuar na contenção ou no direcionamento desses elementos para algum local que se deseja .

Desta forma, a impermeabilização tem uma grande importância na conservação dos materiais de construção, pois ela impede a degradação provocada pela água em conjunto com os elementos agressivos da atmosfera.

Observa-se que a impermeabilização inadequada ou a falta da mesma expõe a edificação a vários tipos de patologias como: corrosão da armadura, carbonatação do concreto, degradação da argamassa, problemas de pintura entre outros.

Neste trabalho, abordaremos uma forma de impermeabilização bastante comum e muito utilizada atualmente no Brasil: as mantas asfálticas. Trata-se de um impermeabilizante pré-fabricado composto basicamente de três componentes: massa asfáltica, estruturante e acabamento superficial.

Porém, há vários tipos de mantas e varias formas de exposição que podem ser utilizadas. Existem hoje no mercado variedades de mantas autoprotegidas e mantas que necessitam de proteção mecânica, no entanto deve-se conhecer as características inertes a cada tipo para melhor utilizá-las.

Segundo Bauer et al (2007, p. 1356) o desempenho adequado da impermeabilização também depende de uma série de fatores que se relacionam em cadeia, o que quer dizer que a falha em uma das etapas do processo pode prejudicar as demais. Cuidados anteriores e posteriores à aplicação do sistema de impermeabilização são fundamentais para garantir eficiência e durabilidade, racionalizando tempo e recursos.

No caso das mantas asfáltica, sabe-se que a vida útil é função do gradiente térmico a qual a mesma será submetida. Sendo que a temperatura da manta varia

em função do tipo de acabamento superficial, nas mantas autoprotegidas, e as condições de proteção mecânica e isolamento térmico sobre as mantas asfálticas.

Neste trabalho foram ensaiadas, ao longo de três meses, mantas com três tipos de acabamento superficial, em situações diferentes de exposição aos raios ultravioletas para que fosse possível analisar as temperaturas que incidiam na manta asfáltica além do gradiente térmico observado ao longo desses três meses.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.2 Objetivo geral**

A pesquisa apresenta como objetivo geral avaliar a variação da temperatura em diferentes mantas asfálticas quando submetidas a diferentes condições de exposição aos raios solares, possibilitando comparar a variação do gradiente térmico nas diferentes situações.

### **1.1.3 Objetivos específicos**

Durante a realização da pesquisa também buscou-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- Comparar a temperatura nas mantas autoprotegidas com acabamento em alumínio e ardósia;
- Analisar como a proteção mecânica e o isolante térmico podem interferir na temperatura e no gradiente térmico que incide na manta asfáltica;
- Apresentar e avaliar os resultados dos ensaios realizados em laboratório das mantas asfálticas em função do tempo de exposição.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO**

De acordo com Bauer et al, (2007, p.1355) a importância da impermeabilização está intimamente relacionada à habitabilidade e a funcionalidade da edificação, na medida em que seu objetivo é proteger a edificação da ação da água em seus vários estados físicos integrada com outros componentes agressivos da atmosfera, proporcionando assim conforto dos usuários que a utilizam.

Existem vários tipos de materiais que atendem as propriedades de conter a passagem de fluidos e vapores, porém deve-se observar uma série de propriedades relacionadas ao seu comportamento e a suas condições de exposição. Nesse contexto observa-se a capacidade de deformação do produto impermeabilizante como fator de grande importância para um bom funcionamento do sistema de impermeabilização.

Com base na flexibilidade e capacidade de deformação dos materiais utilizados, os sistemas de impermeabilização são classificados de acordo com a NBR 9574 (ABNT, 2008), em duas classes: flexíveis e rígidos.

Os sistemas rígidos são aqueles que não apresentam flexibilidade. Devem ser aplicados a áreas onde não existam grandes deformações, ou seja, em locais onde há pouca variação térmica e exposição solar. Como exemplo citam-se reservatórios inferiores, subsolos e pisos em contato com o solo.

Já os sistemas classificados como flexíveis possuem capacidade de deformação para acompanhar as movimentações da estrutura, cargas dinâmicas, forte exposição solar sem avarias que possam vir a comprometer seu desempenho. Como exemplo de locais para possível aplicação citam-se as lajes de cobertura, calhas e terraços.

Estes sistemas de impermeabilização são compostos de camadas que serão descritas a seguir de acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010):

- Regularização: tem a função de homogeneizar o substrato onde será disposto material impermeável, proporcionando assim uma superfície uniforme e coesa. Deve apresentar certa declividade para facilitar o escoamento da água.
- Camada Impermeável: esta camada tem a função de conter a água, formando assim uma barreira.
- Camada Separadora: tem a função de evitar a aderência de outros materiais sobre a camada impermeável.
- Proteção mecânica: tem a função de absorver e dissipar os esforços estáticos ou dinâmicos atuantes sobre a camada impermeável, de modo a protegê-la.
- Proteção térmica: tem a função de reduzir o gradiente de temperatura atuante sobre a camada impermeável, de modo a protegê-la.

## **2.2 MANTAS ASFÁLTICAS**

A NBR 9575 (ABNT, 2010) define manta asfáltica como um tipo de sistema impermeabilizante pré-fabricado obtido por processos industriais. Em sua composição básica existem três componentes: a massa asfáltica, o estruturante e o acabamento superficial.

De acordo com Bauer, (2007, p. 1365) existem basicamente dois tipos de processo de fabricação de manta asfáltica:

A imersão é o processo mais eficiente, consiste na imersão do estruturante em bacias contendo o composto asfáltico, resfriado com água e posterior recebimento do acabamento superficial. O produto final é embobinado e embalado. O estruturante é tracionado durante todo o processo: pois isso devem-se usar bons estruturantes, o que garante uma boa qualidade final do produto. O sistema de impregnação do estruturante é muito eficiente, pois não permite vazios no interior do produto final.

No processo de laminação, a massa asfáltica é lançada contra o estruturante numa temperatura adequada, e a calandra regula a espessura do produto final impregnado o estruturante. Após isso, recebe o acabamento superficial final e é embobinado e embalado. Verifica-se que é um sistema dependente de fatores externos, tais como temperatura precisa da massa asfáltica e manipulação humana. Por isso, esta mais susceptível

a defeito no produto final. Como vantagens, podem-se citar a possibilidade de se trabalhar com estruturantes mais econômicos e o custo operacional mais baixo.

Conforme a NBR 9952 (ABNT, 2007) as mantas asfálticas são classificadas de acordo com a resistência a tração e alongamento em tipos I, II, III e IV e a flexibilidade a baixa temperatura em classes A, B e C. Os resultados obtidos nos ensaios previstos na norma devem atender ao mínimo apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação das mantas.

Ensaio			Unidade	Tipos				Método de ensaio
				I	II	III	IV	
1. Espessura (mínimo)			mm	3	3	3	4	7.1
2. Resistência á tração e alongamento - Carga máxima (longitudinal e transversal)		Tração (mínimo)	N	80	180	400	550	7.2
		Alongamento (mínimo)	%	2	2	30	35	
3. Absorção d'água - Variação em massa (maximo)			%	1,5	1,5	1,5	1,5	7.3
4. Flexibilidade a baixa temperatura	Tipos	A	° C	-10	-10	-10	-10	7.4
		B		-5	-5	-5	-5	
		C		0	0	0	0	
5. Resistência ao impacto a 0º C (mínimo)			J	2,45	2,45	4,9	4,9	7.5
6. Escoamento (mínimo)			º C	95	95	95	95	7.6
7. Estabilidade dimensional (máximo)			%	1	1	1	1	7.7
8. Envelhecimento acelerado	Mantas asfálticas expostas		Os corpos-de-prova, após ensaio, não devem apresenta bolhas, escorrimento, gretamento, separação dos constituintes, deslocamento ou delaminação					ASTM G 154
	Mantas asfálticas protegidas ou autoprotégidas							7.8
9. Flexibilidade após envelhecimento acelerado	Tipos	A	º C	0	0	0	0	7.4
		B		5	5	5	5	
		C		10	10	10	10	

Fonte: NBR 9952.

A resistência à tração e alongamento das mantas dependem do tipo de estruturante utilizado na sua fabricação. Já o ensaio de flexibilidade à baixa

temperatura está relacionado com a qualidade da massa asfáltica empregada na composição das mantas asfálticas.

A seguir serão descritos os três componentes das mantas asfálticas: massa asfáltica; estruturante e acabamento superficial.

### **2.2.1 Massa asfáltica**

Bauer et al. (2007) afirma que a massa asfáltica é o elemento responsável pela flexibilidade em baixas temperaturas, durabilidade, aderência entre outras propriedades. Pode sofrer a adição de polímeros, o que melhora muito seu desempenho em relação aquelas com asfalto não poliméricos.

Segundo Bauer (2008) o asfalto é mais uma versátil família de materiais do que um simples produto. Os diferentes processos de tratamento industrial proporcionam uma variedade de produtos.

Bernucci, (apud. Ceratti et al, 2007, p.1303) define que:

Todas as propriedades físicas do asfalto estão associadas à sua temperatura. Em temperaturas muito baixas, as moléculas têm mobilidade muito baixa e a viscosidade fica muito elevada. Nessa situação, o asfalto se comporta quase como um sólido. À medida que a temperatura aumenta, algumas moléculas começam a se mover, podendo ocorrer um fluxo entre elas. O aumento do movimento faz baixar a viscosidade e, em temperaturas altas, o asfalto se comporta como um líquido, sendo essa transição reversível.



Bauer et al (2007, p. 1359) afirma que:

O cimento asfáltico de petróleo (CAP) utilizado na indústria de impermeabilizante é manipulado de forma a adquirir propriedades específicas para exigências de desempenho aplicáveis em cada caso. Com objetivo de melhorar o desempenho mecânico com o aumento das resistências e também da flexibilidade foram adicionados polímeros a sua composição

Os cimentos asfálticos de petróleo com adição de polímeros se dividem em duas classes básicas que levam em consideração as características desejáveis. As classes serão descritas a seguir segundo Bauer et al (2007, p. 1360):

- **Plastoméricos:** são asfaltos adicionados de plastômeros. Atribuem características relacionadas à flexibilidade do asfalto. No Brasil, o mais empregado é o APP (polipropileno-atático). Embora não sejam elásticos, incorporam importantes e úteis propriedades ao asfalto para uso em impermeabilização.
- **Elastoméricos:** são aqueles que têm sua característica modificada através da adição de polímeros elásticos. Sua característica principal é a elasticidade. O polímero mais utilizado no Brasil para essa aplicação é o SBS (estireno-butadieno-estireno). Outras características também são atribuídas como melhorias nas propriedades mecânicas e maior resistência à deformação.

Outro tipo de asfalto que também pode ser utilizado para confecção das mantas asfálticas é o asfalto oxidado. Trata-se de asfaltos menos suscetíveis a variação de temperatura o que lhe faz mais rígido e menos adesivo. É obtido através da passagem de ar em altas temperaturas.

### **2.2.2 Estruturante**

É o componente responsável pela resistência à tração e alongamento nas mantas asfálticas. De acordo com Bauer et al (2007, p. 1366) os estruturantes mais utilizados são:

- Não tecido de poliéster: formado por filamentos contínuos de poliéster distribuídos em forma aleatória, sem configurar uma trama para ser considerado tecido. É comercializado em várias gramaturas, de modo que quando maior a gramatura, maior será a resistência à tração do produto final.
- Filme de Polietileno: são estruturantes de baixo custo, com baixa resistência à tração, mas que confere à manta final elevada flexibilidade e alongamento.
- Véu de fibra de vidro: obtido através de aglomeração, através de resinas especiais, de fibras de vidro, não possui elevada resistência à tração e tampouco tem flexibilidade e alongamento, sendo mais empregado em mantas de custos inferiores e destinado a áreas sujeitas a menores deformações.

### **2.2.3 Acabamento superficial**

Existem vários tipos de acabamento superficial e sua escolha varia conforme o local e a destinação da impermeabilização. Os principais são: polietileno, areia, alumínio e ardósia.

As mantas podem ter como acabamento filme de polietileno nas duas faces. A função do filme é agir como embalagem para a manta e por isso devem ser utilizados filmes de baixa espessura e gramatura para que seja mais fácil extingui-los durante a aplicação. Este tipo de manta deve, necessariamente, receber proteção mecânica após sua aplicação, podendo assim ser utilizada em lajes, floreiras, reservatórios e piscinas elevadas.

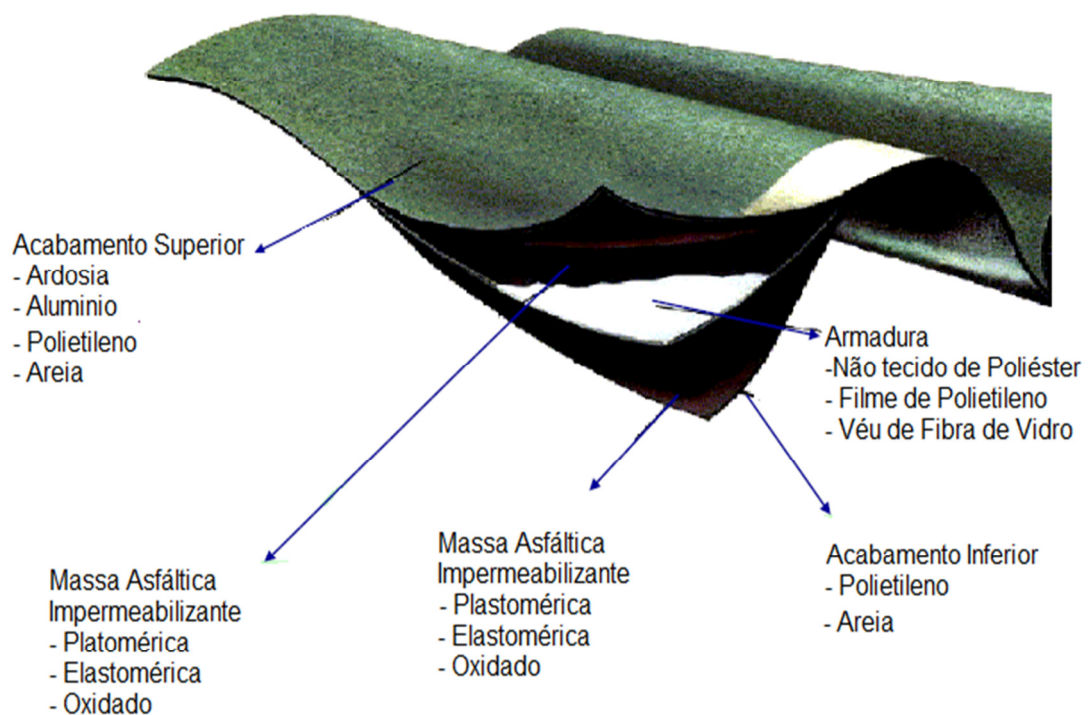
A seguir serão descritas de acordo com Bauer et al (2007, p.1366) as mantas denominadas autoprotegidas, ou seja, dispensam a proteção mecânica. Porém, são recomendadas para locais com tráfego eventual (manutenção).

- Aluminizadas: são mantas revestidas, de um lado com uma fina camada de alumínio que tem função de proteger e refletir os raios ultravioleta. Na outra face da manta é utilizado o filme de polietileno que deve ser extinto durante sua aplicação.

- Ardosiadas: possui um acabamento com escamas de ardósia natural ou outros minerais que tem função de proteger a manta da ação de tráfego eventual e dos raios ultravioleta. Na outra face é utilizado o acabamento com filme de polietileno a ser extinto na aplicação.

A figura 1 apresenta de forma esquemática os componentes das mantas asfáltica até aqui descritos: massa asfáltica; estruturante e acabamento superior e inferior.

Figura 1 - Disposição da manta



Fonte: Granato, 2013.

## 2.3 POLÍMEROS

Polímeros são vulgarmente conhecidos como “plásticos”. Porém esta palavra não se refere apenas a um material e sim a uma propriedade dos polímeros que é se moldar. Segundo Andrade (2007, p.1263) polímeros são compostos de origem natural ou sintética que apresentam massa molar elevada, formados pela repetição

de um grande número de unidades estruturais básicas. Tais materiais apresentam como característica principal a boa resistência a corrosão, boas características de isolamento térmico e elétrico e baixa massa específica.

Com o avanço da ciência houve aumento significativo na quantidade de polímeros disponíveis, desde então estes foram separados em algumas classes. Abaixo serão descritas de acordo com Smith e Hashemi (2012) as classes que tem interesse relevante para a engenharia civil.

- Termoplásticos: são polímeros moldáveis a determinada temperatura e pressão. Após resfriados tem a capacidade de manter a forma a que foram moldados podendo ser aquecido e moldados novamente sem perder significativamente suas características mecânicas. Sendo assim são considerados materiais recicláveis.
- Termofixos: são conhecidos também como termorrígidos, são materiais moldáveis a determinadas condições de temperatura e pressão, porém, não podem ser remoldados. Sendo assim os termofixos não podem ser considerados materiais recicláveis.

Andrade (2007, p. 1287) também cita os polímeros elastoméricos, também conhecidos como borrachas, são materiais que na temperatura ambiente, apresentam grandes deformações, mas com recuperação elástica total após retirada a tensão.

Segundo Barros (2011), no processo de fabricação dos polímeros pode-se introduzir vários aditivos como: plastificantes, retardadores de chama, entre outros, que tem como objetivos o aumento da capacidade de resistência mecânica, mudança da cor, etc. O que torna o material bastante versátil na construção civil.

De acordo com Figueiredo e Rêgo (2007, p. 1335):

... os materiais poliméricos são, juntamente com os materiais betuminosos, os materiais mais utilizados em impermeabilização. Os principais materiais que possuem polímeros em sua composição são: concretos, argamassa ou

cimentos modificados com polímeros, membranas acrílicas e poliméricas e mantas poliméricas.

## **2.4 VIDA ÚTIL DOS MATERIAIS**

Para a investigação sobre a importância do desempenho de sistemas de impermeabilização, faz-se importante a adequada definição da vida útil. Para Vasconcelos e pereira (2009) de uma forma geral, define-se vida útil como:

... o período correspondente a durabilidade de um produto que se extingue quando ele deixa de cumprir as funções que lhe forem atribuídas, quer seja pela degradação que o conduz a um estado insatisfatório de desempenho, quer seja por obsolescência funcional.

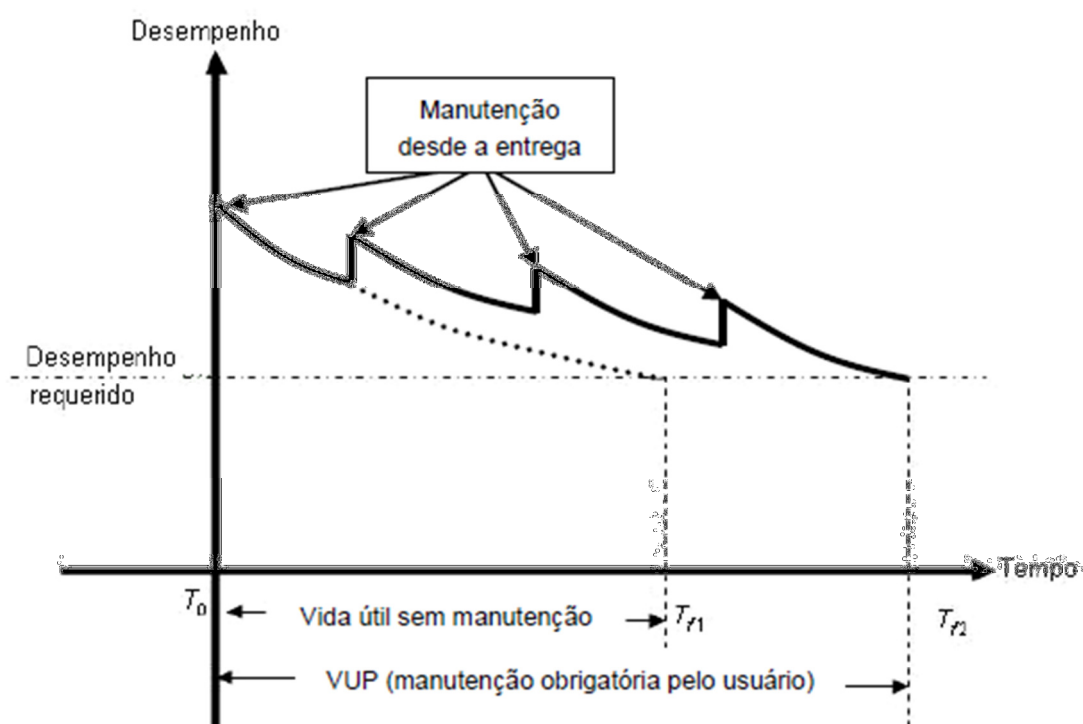
A norma de desempenho NBR 15575-1 (ABNT, 2013) apresenta as seguintes definições:

- Vida Útil (VU): período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção.
- Vida Útil de Projeto (VUP): período estimado de tempo para o qual um sistema é projetado a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos nessa norma, considerando o atendimento aos requisitos das normas aplicáveis, o estágio do conhecimento no momento do projeto e supondo o atendimento da periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção.

Ainda conforme a NBR 15575-1:

A VU pode ser prolongada através de execução de manutenções. Na Figura 2 este comportamento é esquematicamente representado. Quem define a VUP também é responsável por estabelecer as ações de manutenção que devem ser realizadas para garantir à VUP. É necessário destacar a importância da realização das ações de manutenção, pois sem ela a VUP pode não ser atingida.

Figura 2 - Gráfico de desempenho ao longo do tempo



Fonte: NBR 15575-1, 2013.

Porém, segundo Antunes (2004) não existe manutenção preventiva para mantas asfálticas. O que se deve fazer é estimar a vida útil do sistema e, após este período, a impermeabilização deve ser refeita.

A NBR 15575-1 recomenda uma VUP mínima para as diversas partes do edifício, inclusive para impermeabilização como pode ser observado no quadro a seguir:

Quadro 2 – VUP mínima.

Parte da edificação	Exemplos	VUP (Anos)		
		Mínimo	Intermediário	Superior
Impermeabilização manutenível sem quebra de revestimentos	Componentes de juntas e rejuntamentos; mata-juntas, sancas, golas, rodapés e demais componentes de arremate	≥ 4	≥ 5	≥ 6
	Impermeabilização de caixa d'água internas, jardineiras, áreas externas com jardins, coberturas não utilizáveis, calhas e outros	≥ 8	≥ 10	≥ 12
Impermeabilização manutenível somente com a quebra dos revestimentos	Impermeabilizações de áreas internas, de piscina, de áreas externas com pisos, de coberturas utilizáveis, de rampas de garagem etc.	≥ 20	≥ 25	≥ 30

Fonte: Guia CBIC com adaptações.

## 2.5 TECNOLOGIA DA IMPERMEABILIZAÇÃO

Fatores relacionados a execução são de grande importância para um bom resultado na impermeabilização. Cuidados anteriores e posteriores a aplicação devem ser levados em conta para obter um bom rendimento e maior economia. Abaixo cita-se os principais itens que devem compor a impermeabilização de acordo com Bauer et al (2007 p. 1356):

- Projeto de Impermeabilização: por exigência da NBR 9575 (ABNT, 2010) o projeto de impermeabilização deve ser parte integrante dos projetos complementares de uma edificação e necessita ser estudada e compatibilizada com todos os componentes de uma construção. Os sistemas de impermeabilização devem ser determinados por pessoas qualificadas e para isso faz-se necessário a contratação de um projeto de impermeabilização;
- Qualidade de materiais e sistema de impermeabilização: a seleção do sistema e dos materiais deve ser objeto de estudo aprofundado, pois existem vários produtos com diversas origens e formas de aplicação;

- Qualidade da execução da impermeabilização e do local de aplicação: a qualidade do substrato para aplicação e de extrema importância de forma a não receber interferências que comprometam seu desempenho como regularização mal executada e fissuração do substrato;
- Fiscalização: o rigoroso controle da execução deve ser feito de acordo com os detalhes de projeto de impermeabilização como especificação dos materiais, tempo de secagem, arremates e testes de estanqueidade;
- Preservação da impermeabilização: deve-se impedir que a impermeabilização aplicada seja danificada por terceiros ainda que involuntariamente, por ocasião da colocação de pregos, luminárias, antenas entre outros elementos.

## **2.6 ISOLAMENTO TÉRMICO**

Segundo a NBR 9575 (ABNT, 2010) o isolamento térmico é a camada com a função de reduzir o gradiente de temperatura atuante sobre a camada impermeável, de modo a protegê-la contra os efeitos danosos do calor excessivo.

Segundo Dante (2006) o planejamento do isolamento térmico a ser utilizado após a execução da impermeabilização constitui uma etapa importante na construção, visto que ela atende a três funções básicas: o conforto, a economia de energia e estabilidade da estrutura, com consequente aumento da vida útil dos componentes da edificação, ampliando sensivelmente a durabilidade da impermeabilização.

Bauer et al (2007) afirma que:

os sistemas de impermeabilização necessitam de grande flexibilidade e capacidade de se deformar. Grande parte dessa demanda de deformação tem origem nas variações térmicas que a estrutura sofre. Assim, é correto colocar que ao se projetar um isolamento térmico sobre a impermeabilização da cobertura de um edifício, pode-se concluir que as deformações serão menos intensas e o desempenho e durabilidade do sistema de impermeabilização serão majorados.



Existem vários materiais isolantes que podem ser utilizados sobre a impermeabilização, entre eles podemos citar o poliestireno extrudado ou XPS. Ele apresenta característica como baixa condutividade térmica, resistência mecânica, alta durabilidade e baixa absorção de água o que é de grande importância para um material isolante, pois segundo Bauer et al (2007 p. 1384) uma vez que seus poros fiquem saturados o elemento perde significativamente sua capacidade de isolamento térmica.

A seguir são apresentados outros materiais que podem ser utilizados como isolamento térmico sobre a camada impermeável:

- Poliuretano;
- Vermiculita expandida;
- Argila expandida;
- Concreto celular;
- Poliestireno expandido ou EPS.

### 3 METODOLOGIA

Tendo como objetivo comparar as temperaturas em diferentes tipos de manta com acabamentos em ardósia, alumínio e polietileno, as mesmas foram expostas no laboratório do UniCEUB. As condições de exposição e a nomenclatura adotada encontram-se apresentadas no Quadro 3.

As mantas foram dispostas em local aberto e instalados sensores termopares nas mesmas para determinação e acompanhamento da temperatura. Para o presente estudo o fato de maior importância seria a obtenção das máximas e mínimas temperaturas nas mantas, para que fosse analisada a variação da temperatura. Foram realizados, diariamente, medidas da temperatura na superfície e no interior das mantas e da temperatura ambiente em horários pré-determinados.

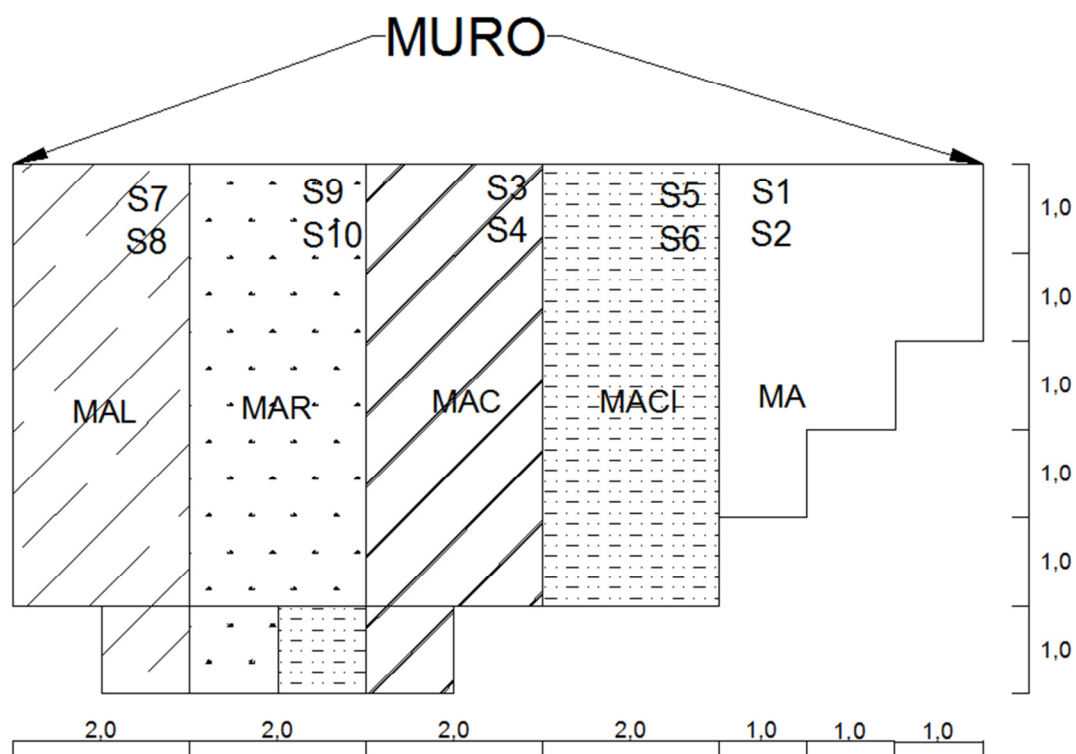
Quadro 3 - Terminologia adotada

TIPO DE MANTA	TERMINOLOGIA ADOTADA
Manta asfáltica aluminizada	MAL
Manta asfáltica ardosiada	MAR
Manta asfáltica sem proteção mecânica	MA
Manta asfáltica com proteção mecânica	MAC
Manta asfáltica com proteção mecânica e isolamento térmico	MACI

Fonte: do autor.

As mantas e sensores (representados pelo S e o número do sensor) foram dispostas conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3 - Disposição dos Sensores e Mantas



Fonte: do autor

Para atingir os objetivos propostos no estudo, o procedimento experimental foi dividido nas seguintes etapas:

- Seleção e caracterização de materiais;
- Instalação das mantas asfálticas;
- Controle da temperatura;
- Retirada das amostras e ensaios laboratoriais.

### 3.1 MATERIAIS UTILIZADOS

A seguir serão apresentados os ensaios de caracterização dos materiais utilizados para confecção da argamassa utilizada como proteção mecânica. Todos estes itens foram fornecidos pelo UniCEUB. Também serão apresentados os

ensaios de caracterização das mantas asfálticas e uma breve descrição dos demais materiais utilizados na pesquisa.

### 3.1.1 Cimento

O cimento Portland utilizado foi o CP II-Z 32 RS da marca Tocantins. Trata-se de um cimento composto com adição de pozolana que tem diversas aplicações, entre elas a utilização para execução de contrapiso.

### 3.1.2 Agregado miúdo

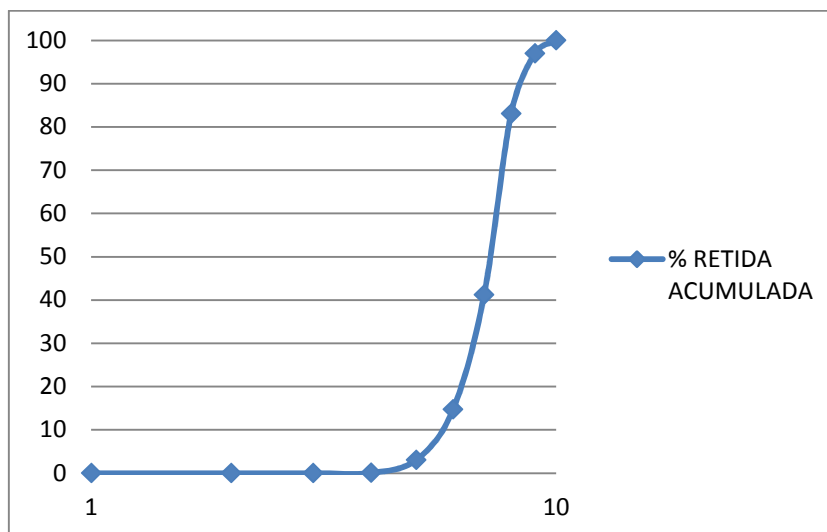
A areia utilizada na execução do contrapiso foi classificada como fina. A granulometria da areia, que é apresentada no Quadro 4 e ilustrada na Figura 4, foi obtida de acordo com a NBR NM 248. Neste ensaio também foi definido o módulo de finura e a dimensão máxima do agregado

Quadro 4 – Granulometria

PENEIRAS	% RETIDA ACUMULADA
12,5	0,0
9,5	0,0
6,3	0,0
4,8	0,1
2,4	3,1
1,2	14,7
0,6	41,2
0,3	83,0
0,15	96,9
Fundo	100,0
<b>Módulo de finura</b>	<b>2,39</b>
<b>Diâmetro máximo</b>	<b>2,4</b>

Fonte: do autor.

Figura 4 – Gráfico de granulometria.



Fonte: do autor.

Ainda foram realizados ensaios para determinação da massa específica por meio do frasco de Chapman e de determinação da massa unitária de acordo com as NBR 9776 (ABNT, 1987) e NBR NM 45 (ABNT, 2006). Os resultados obtidos foram 1,39 g/cm<sup>3</sup> para massa unitária e 2,62 g/cm<sup>3</sup> para massa específica.

### 3.1.3 Mantas asfálticas

As mantas asfálticas com acabamento em polietileno, utilizadas nas condições designadas como MA, MAC e MACI possuem as mesmas características e lote. Também foram utilizadas duas mantas autoprotegidas: aluminizadas e ardosiada. Todas as mantas utilizadas foram doadas pela empresa Viapol. As características fornecidas pelo fabricante encontram-se descritas no Quadro 5 a seguir.

Quadro 5 - Características das mantas

	MA/MAC/MACI	MAL	MAR
Estruturante	Não tecido de poliéster	Não tecido de poliéster	Não tecido de poliéster
Tipo	III	III	III
Classe	B	B	C
Espessura (mm)	4	4	3
Asfalto	Elastomérico	Elastomérico	Plastomérico

Fonte: do autor.

Utilizou-se um rolo de manta com 10 m de comprimento e 1 m de largura, sendo que 1 m<sup>2</sup> de cada tipo de manta foi retirado para realização dos ensaios de caracterização em laboratório. Os demais 9 m<sup>2</sup> foram aplicados e expostos as diversas condições já citadas: MA; MAR; MAL; MAC e MACI.

Os ensaios de caracterização do material foram realizados em parceria com a empresa Viapol, sendo realizados dentro do laboratório de ensaios da fábrica situada na cidade de Caçapava/SP. As mantas foram ensaiadas e caracterizadas sem exposição (tempo 0). As amostras de manta retiradas com idades de 30 e 60 dias também foram submetidas aos ensaios de tração e alongamento e o ensaio de flexibilidade à baixa temperatura para verificar possíveis quedas de desempenho. Os resultados dos ensaios de caracterização serão apresentados no quadro a seguir:

Quadro 6 - Resultados dos ensaios com tempo zero.

	MA/MAC/MACI	MAL	MAR
Tração	Long.: 625,58 N/5cm Alongamento: 38,32 %	Long.: 643,13 N/5cm Alongamento: 38,24%	Long.: 559,28 N/5cm Alongamento: 32,80 %
	Transv.: 525,93 N/5cm Alongamento: 40,48%	Transv.: 542,90 N/5cm Alongamento: 45,75%	Transv.: 268,60 N/5cm Alongamento: 41,67%
Rasgamento	Long.: 201,19 N/5cm	Long.: 237,36 N/5 cm	Long.: 155,14 N/5cm
	Transv.: 212,09 N/5cm	Transv.: 277,17 N/5cm	Transv.: 149,70 N/5cm
Estabilidade ao calor	95º C	95º C	95º C
Flexibilidade a baixa temperatura	-5º C	-5º C	0º C
Absorção de água	0,53%	0,73%	0,73%
Estanqueidade	15 mca	15 mca	15 mca
Estabilidade dimensional	Long.: -0,43% Transv.: 0,18%	Long.: -0,78% Transv.: 0,43%	Long.: -0,59% Transv.: 0,28%

Fonte: do autor.

### 3.1.4 Isolamento térmico

O isolante térmico utilizado foi o poliestireno extrudado, XPS, fornecido pela empresa Viapol. Suas características que constam no manual da empresa fabricante são apresentadas no Quadro 7.

Quadro 7 - Especificações do isolamento térmico.

Propriedade		Método	Especificação	Resultado
Dimensões (mm)	Largura Comprimento		500 ± 5 1200 ± 6	500 1200
Espessura (mm)			25 ± 3	25,31
Massa específica aparente (kg/m³)		NBR 11949	38 ± 2	40
Resistência à compressão (kPa)		NBR 8082	300 a 350	320
Absorção d'água por submersão		NBR 7973	≤1	1
Permeabilidade ao vapor d'água		NBR 8081	≤2	2
Coeficiência de condutividade térmica a 23 °C (W/mk)		NBR 11752	Mínimo 0,027	0,028

Fonte: Viapol.

### 3.2 INSTALAÇÃO DAS MANTAS ASFÁLTICAS

O primeiro passo para a instalação das mantas foi a aplicação do primer (Figura 5) sobre a base, utilizou-se um rolo de pintura de lã de carneiro. O produto foi aplicado em uma única demão. Após aguardar a secagem pelo período de 6 horas, iniciou-se a aplicação das mantas com auxílio de um maçarico portátil (Figura 6). Somente as bordas foram aderidas, de forma a facilitar a sua posterior retirada para realização dos ensaios em laboratório. Montou-se um total de 45m<sup>2</sup> de mantas, sendo 9 m<sup>2</sup> para cada situação.



Figura 5 - Base com o primer aplicado.



Fonte: do autor.

Figura 6 - Biselamento com auxílio do maçarico



Fonte: do autor.

Nas mantas que tiveram contrapiso como proteção mecânica utilizou-se um filme de polietileno como camada separadora para evitar a aderência do mesmo sobre a manta (Figura 7). Sobre 9 m<sup>2</sup> foram utilizadas placas de XPS (Figura 8) sobre a camada separadora.

Figura 7 - Montagem das MAC



Fonte: do autor.

Figura 8 - Montagem das MACI



Fonte: do autor.

Após finalizar a instalação da camada separadora e do isolante térmico foi feito o contrapiso (Figura 9) com o traço de 1:4 e espessura de 4 cm sobre as mantas. A manta com proteção mecânica e térmica ficou com espessura final de 6,5 cm já que as placas de XPS utilizadas possuem espessura de 2,5 cm.



Figura 9 – Execução do contrapiso



Fonte: do autor.

Figura 10 – Contrapiso finalizado



Fonte: do autor.

A figura 11 mostra um esquema de como ficou a disposição das camadas utilizadas em cada caso: MAC e MACI.

Figura 11 – Disposição final das MAC e MACI



Fonte: do autor.

### 3.3 CONTROLE DA TEMPERATURA

A medida de temperatura foi um ponto de grande importância, pois com ela realizou-se a comparação entre os variados tipos de situação. Utilizaram-se então três tipos de termômetros/ sensores para que fosse obtida uma maior precisão no resultado, minimizando erros.

O sensor termopar foi utilizado para obter a temperatura nas mantas. O termopar é um sensor termoelétrico composto de um fio com dois metais distintos, conforme a variação da temperatura gera-se um sinal termoelétrico que pode ser medido na sua junção de medição (junta quente) através de um multímetro. Esse efeito gerado entra a junta de medição e a junta de referencia (junta fria) também é conhecido como Seebeck.

Optou-se por instalar dois sensores termopar em cada tipo de situação para obter a média das temperaturas entre as duas medidas, melhorando assim a qualidade os dados. Como pode ser visto na Figura 12 foi aberto um pequeno corte na manta para transpassar o fio para o lado que fica em contato com o substrato. Mais um corte foi feito na massa de asfalto para que a temperatura obtida fosse a do interior da manta. Após isso foi colocado um “manchão” por cima da instalação com objetivo de proteger o sensor.

Figura 12 – Instalação dos sensores termopar



Fonte: do autor.

A temperatura na superfície das mantas e proteção mecânica também foi medida, utilizando-se de um termômetro a laser (Figura 13). Não foi possível obter a temperatura na superfície da manta aluminizada, pois o filme de alumínio reflete o laser, impedindo a obtenção da temperatura. Foi demarcada em cada manta uma pequena área de medição para gerar maior precisão nas medidas, pois foi observado que a temperatura variava em alguns pontos em virtude da sombra.

Figura 13 – Termômetro com mira laser



Fonte: do autor.

A temperatura ambiente também foi registrada, sendo utilizado um termômetro digital da marca Marotec como mostra a figura abaixo.

Figura 14 – Termômetro de temperatura ambiente



Fonte: do autor.

As temperaturas dos meses de fevereiro e março foram medidas de segunda à sexta-feira nos horários de 7:30, 14:00 e 17:00. Nos primeiros meses foi utilizado o quadro abaixo pra anotação dos dados.

Quadro 8 - Quadro de medição 1.

Mantas		Temperatura (°C)			
		Data:			
MA		S. 1	S. 2	Sup.	Amb.
	7:30				
	14:00				
	17:00				
MAC		S. 3	S. 4	Sup.	Amb.
	7:30				
	14:00				
	17:00				
MAIC		S. 5	S. 6	Sup.	Amb.
	7:30				
	14:00				
	17:00				
MAL		S. 7	S. 8	Sup.	Amb.
	7:30				
	14:00				
	17:00				
MAR		S. 9	S. 10	Sup.	Amb.
	7:30				
	14:00				
	17:00				

Fonte: do autor

O quadro utilizado para anotar as medições durante o mês de abril e maio é apresentado no Quadro 9 a seguir. Nele observa-se a numeração dos 10 sensores instalados (2 em cada tipo de exposição) para anotação da temperatura da manta asfáltica, a hora que foi realizada a medição, o nome do técnico que a realizou e as terminologias para anotação da temperatura da superfície das mantas. O quadro foi trocado com intuito de diminuir erros nas anotações

Quadro 9 - Quadro de medição 2.

Dia	/ /
Hora	
Técnico	
Temp. Amb.	

Sensor	Temperatura
S1	
S2	
S3	
S4	
S5	
S6	
S7	
S8	
S9	
S10	

Temperatura Superficial	
Manta	Temperatura
MAL	
MAR	
MAC	
MACI	
MA	

Fonte: do autor

Os dados colhidos no mês de fevereiro foram descartados, pois foi levado em consideração um mês para adaptação e ajuste. Os sensores termopar apresentaram variações consideráveis, sendo necessário realizar um isolamento térmico nos mesmos, onde utilizou-se o próprio XPS.

### 3.4 RETIRADA DAS AMOSTRAS E ENSAIOS LABORATORIAIS

Nos meses de março e abril, foram removidos 1 m<sup>2</sup> de cada tipo de manta, para realização dos ensaios de flexibilidade à baixa temperatura, tração e alongamento a fim de verificar variação nessas propriedades devido as condições de



temperatura sobre as mantas asfálticas utilizadas. A figura abaixo mostra a retirada do contrapiso da MAC.

Figura 15 - Retirada de amostras para ensaio



Fonte: do autor

As mantas foram devidamente identificadas, embaladas e encaminhadas para a fábrica da Viapol em Caçapava/SP, onde foram realizados os ensaios nos tempos de exposição de 0 (caracterização), 30 e 60 dias.

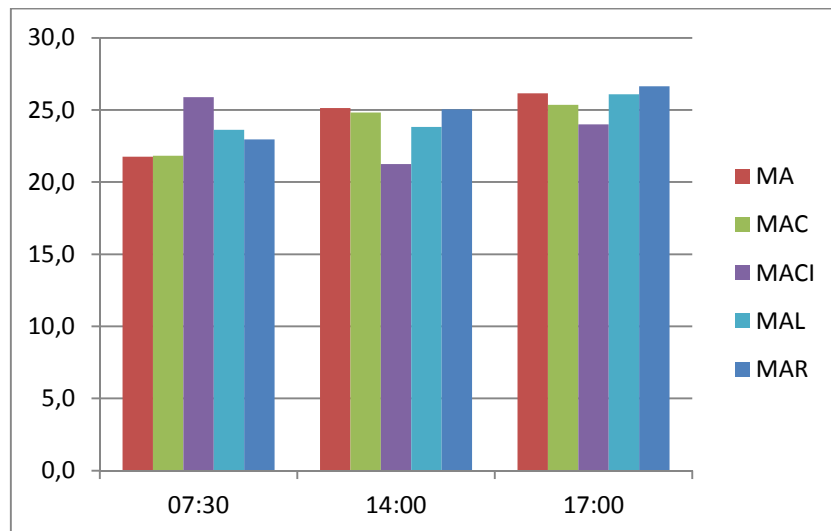
## 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos durante a pesquisa. Os resultados das medidas das temperaturas foram separados por mês. Sendo assim, serão apresentados os meses de março e abril tendo em vista que as medidas de fevereiro foram utilizadas apenas para adaptação e ajustes.

### 4.1 ANÁLISE DA TEMPERATURA

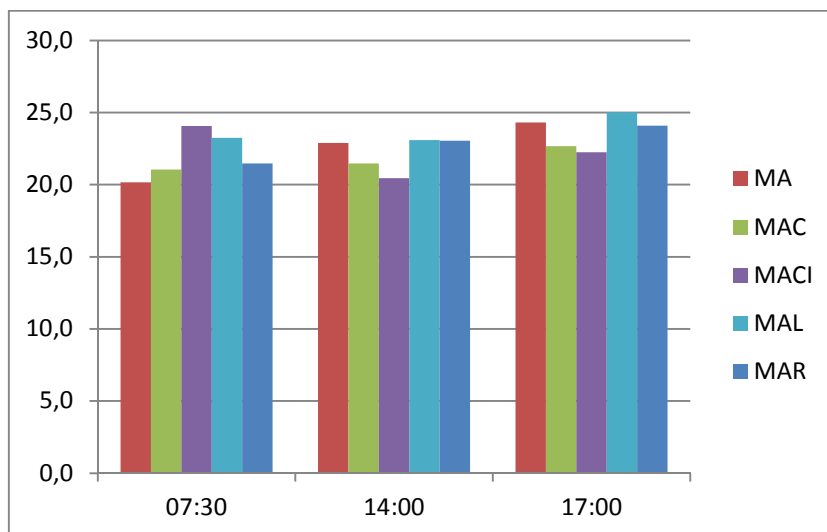
Os gráficos apresentados nas Figuras 16 e 17 foram traçados a partir das temperaturas médias do mês em cada horário de medição nos sensores termopar.

Figura 16 – Temperaturas médias nos sensores termopar - março.



Fonte: do autor

Figura 17 - Temperaturas médias nos sensores termopar - abril.



Fonte: do autor

As temperaturas médias nas mantas no mês de março variaram de 21,3 a 26,6°C enquanto no mês de abril a mínima foi de 20,2°C na MA e a máxima de 25°C na MAL. As menores temperaturas observadas no mês de abril se devem a uma diminuição na temperatura ambiente.

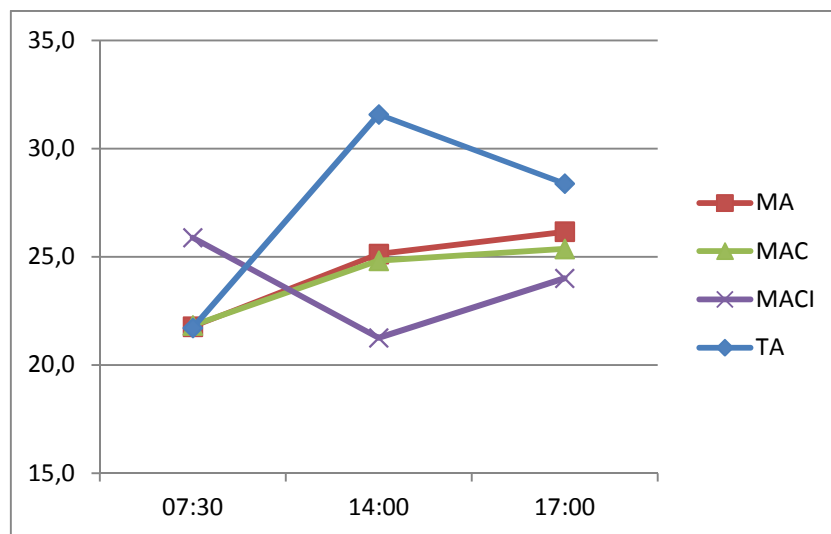
Observa-se que o comportamento das mantas com proteção mecânica apresentou uma maior variação de temperatura em função das diferentes situações de exposição. Já as mantas autoprotegidas tem um comportamento parecido. Contudo, no mês de abril a manta aluminizada apresentou, de forma geral, maiores temperatura, invertendo o comportamento apresentado no mês de março, quando as temperaturas maiores aconteceram na manta ardosiada.

Para melhor entender estas divergências a análise da temperatura no sensor termopar será separada para mantas autoprotegidas e para mantas com proteção mecânica.

#### 4.1.1 Mantas com proteção mecânica

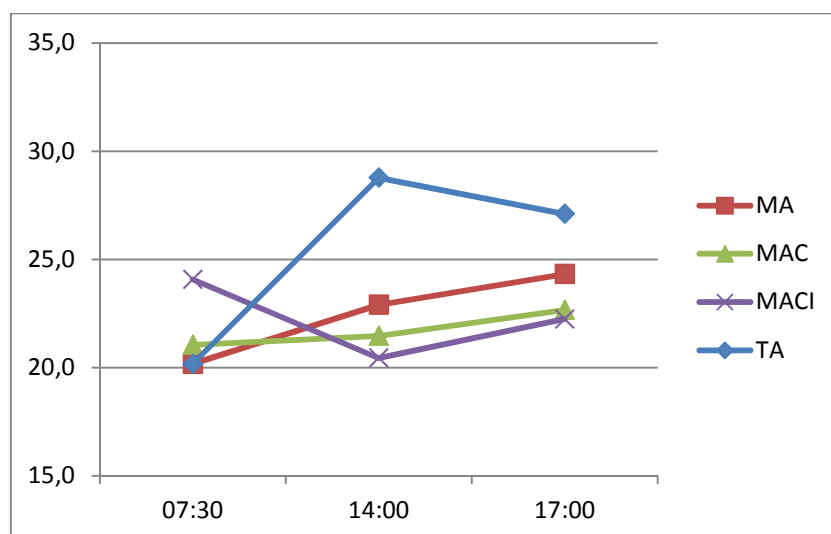
Os gráficos das Figuras 18 e 19 apresentam os dois tipos de exposição das mantas com proteção mecânica para os meses de março e abril, respectivamente. Apesar da MA não possuir este tipo de proteção, ela foi adicionada ao gráfico para visualizar como a manta asfáltica se comporta sem a proteção. A temperatura ambiente também encontra-se apresentada pela linha azul (TA).

Figura 18 - Gráfico das temperaturas médias nos sensores termopar - março



Fonte: do autor

Figura 19 - Gráfico das temperaturas médias nos sensores termopar - abril

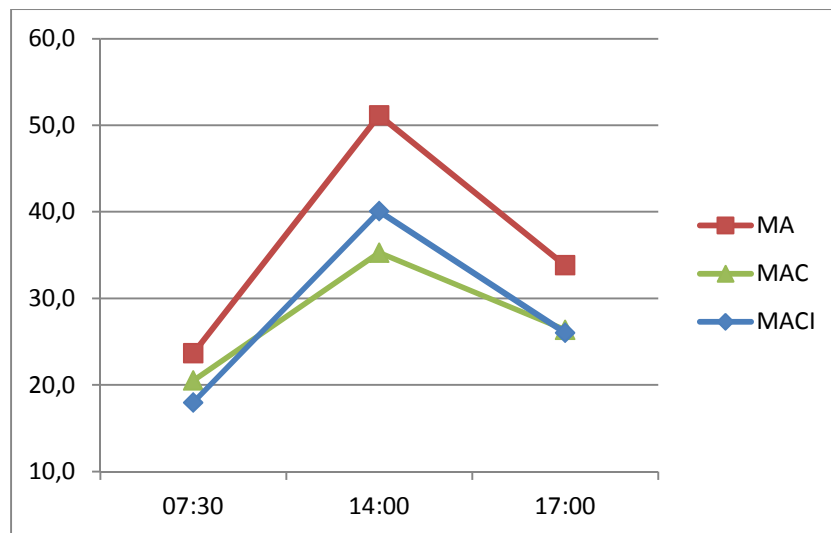


Fonte: do autor

Observa-se que o pico de temperatura da MACI é pela manhã, ao contrário das outras situações. Isso se deve ao fato do XPS conservar a temperatura por um tempo maior. Durante a noite a manta permanece aquecida em função do isolamento térmico e durante a manhã inicia sua perda de calor até que o contrapiso se torne aquecido novamente.

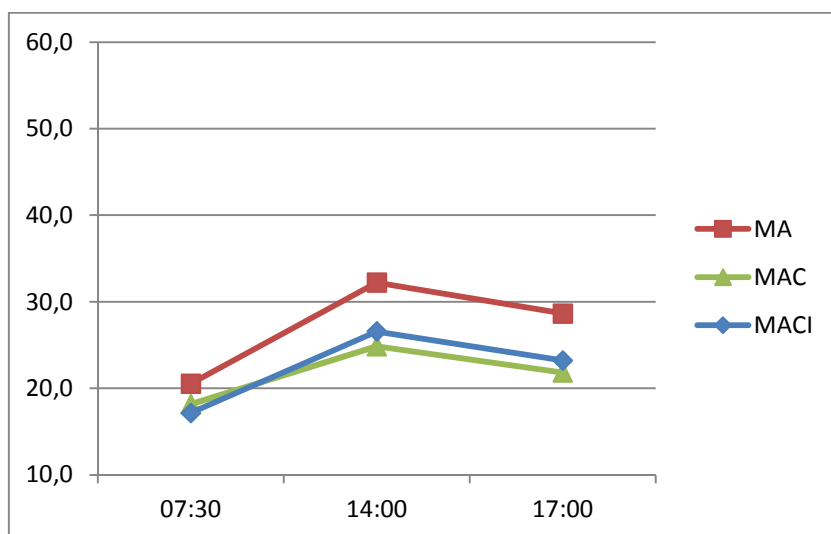
As figuras 20 e 21 retratam a temperatura no contrapiso. Verifica-se que o pico de temperatura no mesmo é por volta da medida das 14 horas, que é justamente onde foi registrada a mínima temperatura na MACI.

Figura 20 - Gráfico da temperatura da superfície no mês - março.



Fonte: do autor

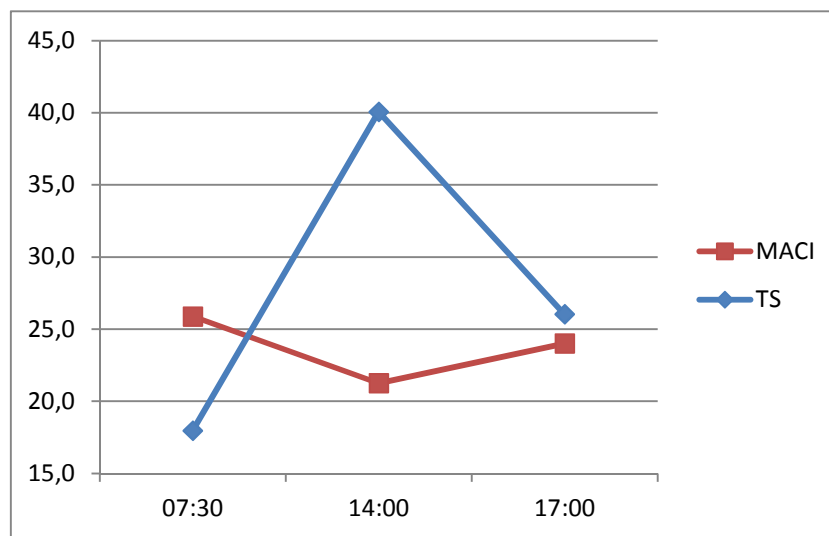
Figura 21 - Gráfico da temperatura da superfície no mês - abril.



Fonte: do autor

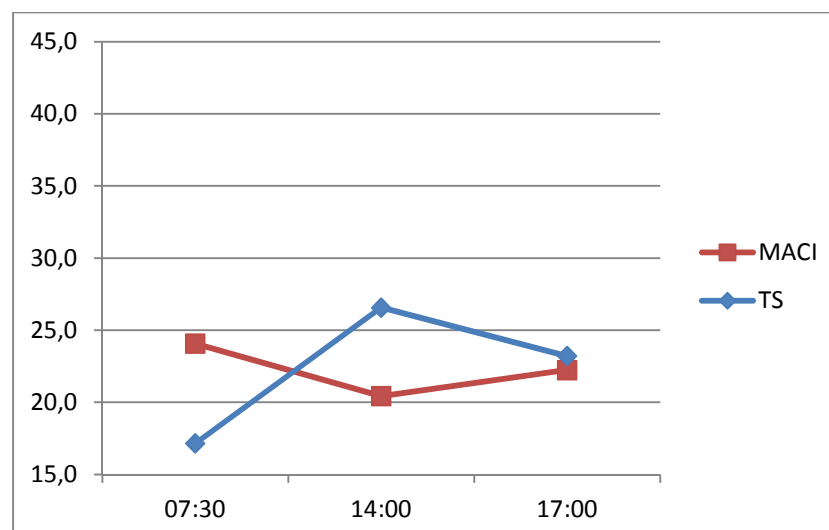
Nota-se então que a temperatura no contrapiso (TS) e na manta MACI trabalham inversamente. Enquanto a temperatura no contrapiso aumenta a da manta abaixa e vice versa. Isso acontece porque o XPS retarda a troca de calor entre os materiais. Esse comportamento pode ser melhor compreendido na visualização dos gráficos apresentados nas Figuras 22 e 23.

Figura 22 – Temperatura da MACI no sensor termopar e superficial - março.



Fonte: do autor

Figura 23 – Temperatura da MACI no sensor termopar e superficial - abril.



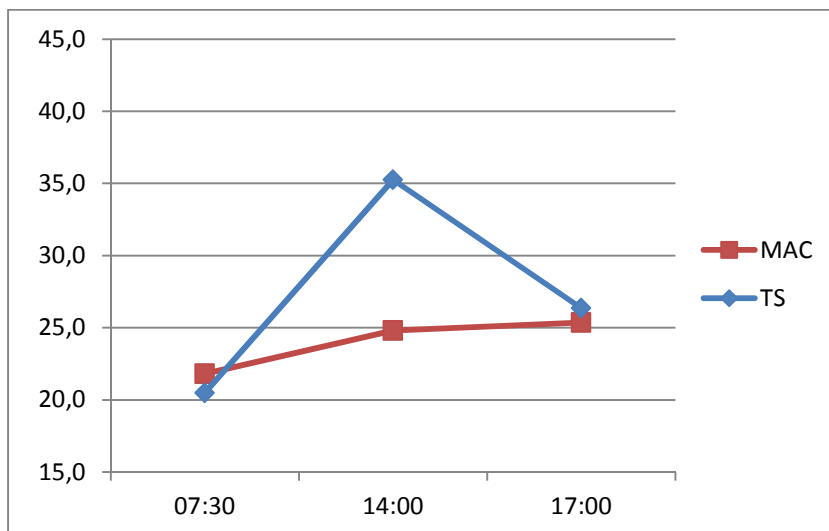
Fonte: do autor

Através do gráfico nota-se que houve aumento na temperatura superficial no mês de Março. Isso se deve ao aumento da temperatura ambiente. Observa-se

também que mesmo com a elevação acentuada da temperatura superficial a temperatura na manta não possuiu grandes variações

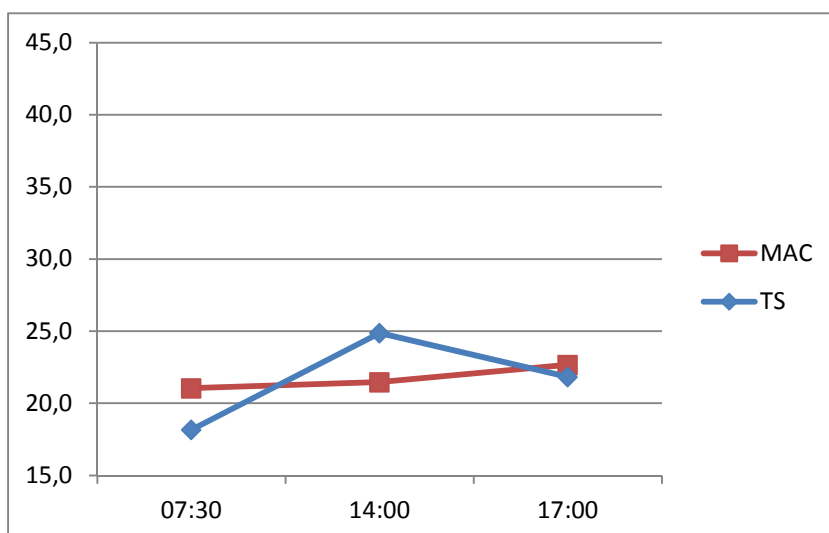
Na MAC a temperatura na manta aumenta ao longo do dia como pode ser visto nas figuras 24 e 25.

Figura 24 - Temperatura da MAC no sensor termopar e superficial - março.



Fonte: do autor

Figura 25 - Temperatura da MAC no sensor termopar e superficial - abril.



Fonte: do autor

No Quadro 10 pode-se visualizar como o isolamento térmico interferiu na temperatura da manta.

Quadro 10 - Comparativo de temperaturas

		Março		Abril	
		TS	Termopar	TS	Termopar
MAC	07:30	20,5	21,8	18,2	21,0
	14:00	35,3	24,8	24,9	21,5
	17:00	26,4	25,4	21,8	22,7
MACI	07:30	18,0	25,9	17,1	24,1
	14:00	40,1	21,3	26,6	20,4
	17:00	26,0	24,0	23,2	22,2

Fonte: do autor.

A maior temperatura na superfície, obtida no mês de março, para a manta MACI ocorreu as 14h e foi de 40,1 °C com a temperatura na manta de 21,3 °C. Já em abril TS atingiu 26,6 °C e a temperatura na manta 20,4 °C. Variação de apenas 1,1 °C na manta quando a variação de TS foi de 13,5 °C.

Já para MAC obteve-se pico em março de TS igual a 35,5 °C com a temperatura na manta de 24,8 °C. Em abril TS atingiu 24,9 °C e a temperatura na manta 21,5 °C. Variação de 3,3 °C na manta quando a variação de TS foi de 10,7 °C.

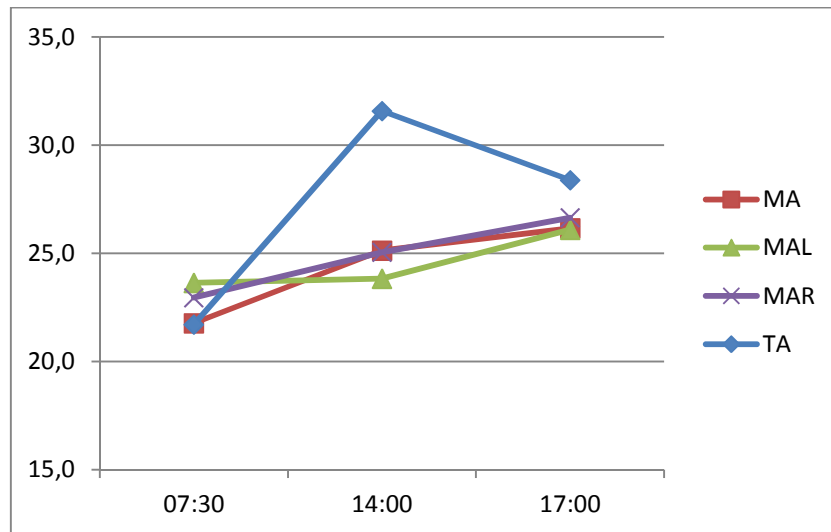
Isso demonstra que o isolamento térmico agiu bem nesta situação, as variações de temperatura em função da TS na MACI foram menores assim como as temperaturas atingidas na manta. Observa-se também que os valores obtidos para o horário de 7:30 nos sensores termopar são elevados, o que mostra que o isolamento térmico conserva o calor na manta durante a noite.

#### 4.1.2 Mantas autoprotegidas

As mantas autoprotegidas apresentaram valores lineares e bastante parecidos em ambos os meses com pode ser visualizado nos gráficos apresentados nas Figuras 26 e 27.

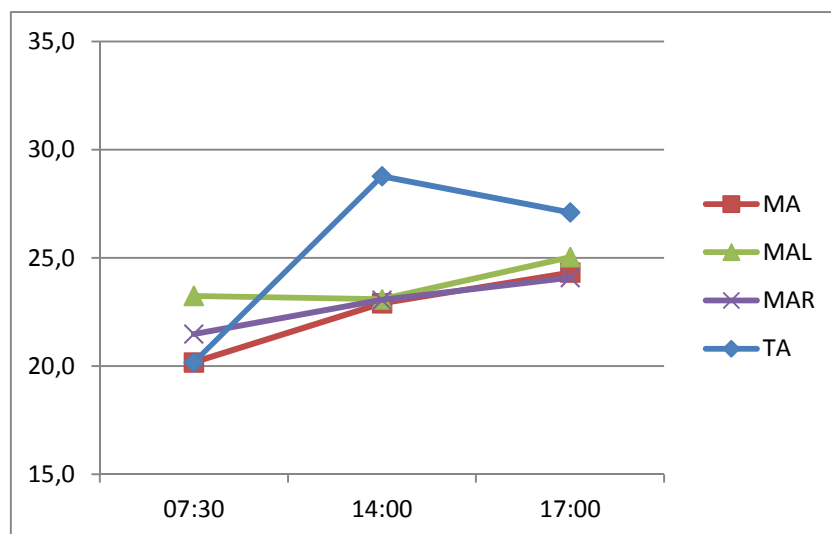


Figura 26 - Gráfico das temperaturas médias nos sensores termopar das mantas autoprotegidas no mês de março.



Fonte: do autor

Figura 27 - Gráfico das temperaturas médias nos sensores termopar das mantas autoprotegidas no mês de abril.



Fonte: do autor

Porem nota-se que no mês de março, onde a temperatura ambiente foi elevada, houve uma pequena diminuição da temperatura das 14:00 horas da MAL em relação a MA e a MAR, o que se deve a capacidade de refletir os raios ultravioletas. Já nas medias de 7:30 e 17:00 as temperaturas foram muito próximas. Pode-se concluir que a MAL tem uma boa funcionalidade em altas temperaturas e

com alta incidência dos raios solares, pois assim ela consegue desempenhar bem a sua função de refletir os raios ultravioletas.

Observa-se também que a temperatura média da MA no horário de 7:30 é bem próxima da temperatura ambiente nos dois meses analisados. Isso se deve ao fato da manta ter passado um grande período sem grandes variações térmicas durante a noite e como a manta está exposta sem nenhum acabamento superficial ela tende a efetuar trocas de calor mais rapidamente.

Outra característica observada foi o envelhecimento do acabamento superficial das mantas autoprotégidas. Na figura abaixo, pode-se notar nitidamente a perda do brilho da MAL, o que acarreta na diminuição da capacidade de reflexão dos raios ultravioletas.

Figura 28 - Mantas autoprotégidas



Fonte: do autor

Nos gráficos isso também pode ser observado, nota-se que houve perda de eficiência do acabamento superficial da MAL. No mês de março a temperatura mais elevada foi encontrada na MAR, já no mês de abril, na MAL

#### 4.1.3 Variação de Temperatura

Outro parâmetro de análise foi a variação da temperatura ( $\Delta T$ ) nas mantas. Foram traçados gráficos de variação de temperatura nos sensores termopar e na superfície/proteção mecânica.

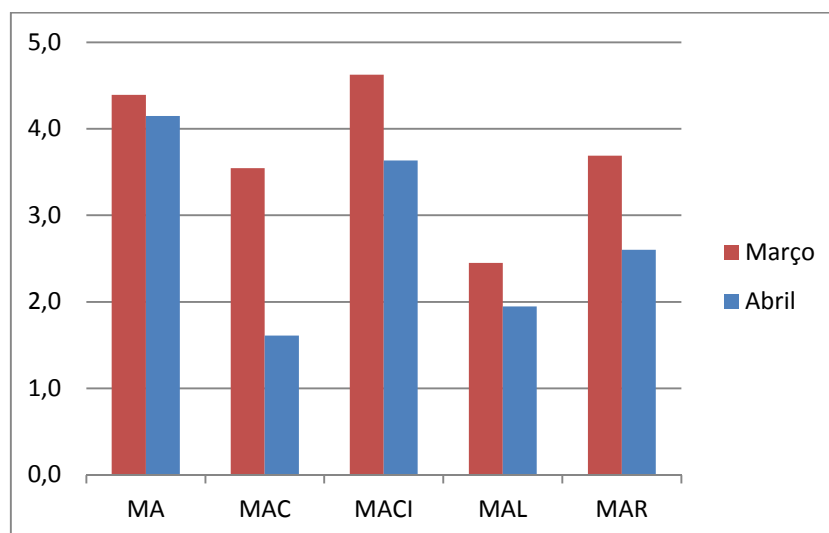
Os gráficos da variação de temperatura na manta foram baseados nas temperaturas médias mensais, subtraindo a maior média da menor. A Figura 29 e o Quadro 11 apresentam a variação de temperatura para cada mês.

Quadro 11 - Variação de temperatura nos sensores termopar.

	Março						Abril				
	MA	MAC	MACI	MAL	MAR		MA	MAC	MACI	MAL	MAR
07:30	21,8	21,8	25,9	23,6	23,0	07:30	20,2	21,0	24,1	23,2	21,5
14:00	25,1	24,8	21,3	23,8	25,0	14:00	22,9	21,5	20,4	23,1	23,1
17:00	26,2	25,4	24,0	26,1	26,6	17:00	24,3	22,7	22,2	25,0	24,1
<b><math>\Delta T</math></b>	<b>4,4</b>	<b>3,5</b>	<b>4,6</b>	<b>2,5</b>	<b>3,7</b>	<b><math>\Delta T</math></b>	<b>4,1</b>	<b>1,6</b>	<b>3,6</b>	<b>1,9</b>	<b>2,6</b>

Fonte: do autor

Figura 29 - Variação de temperatura nos sensores termopar nos meses de março e abril.



Fonte: do autor

As mantas autoprotégidas atingem temperaturas mais elevadas que as com proteção mecânica, porém em algumas situações tiveram menor variação de temperatura.

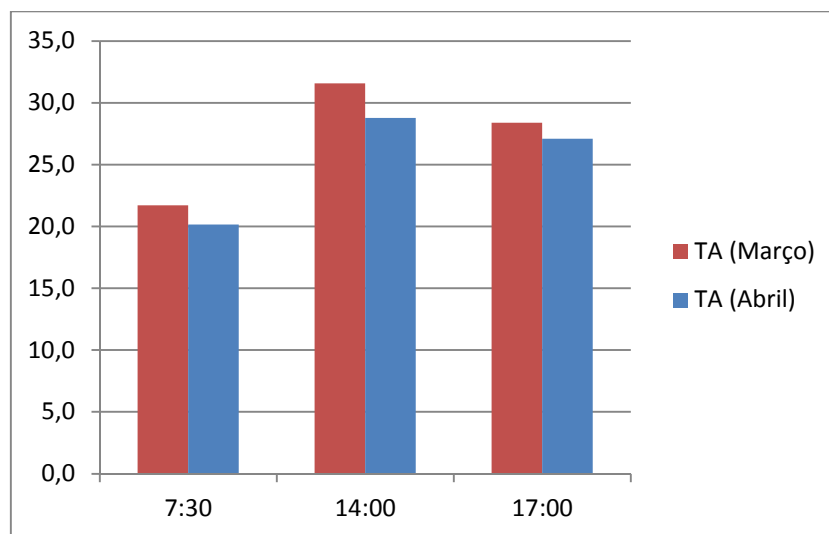
A MA obteve valores elevados de variação de temperatura, o que confirma que a manta sem proteção e sem nenhum tipo de acabamento superficial adequado realiza trocas de calor mais rapidamente.

A MACI também apresentou resultados bastante elevados de variação de temperatura, isso revela que o isolamento térmico não impede a troca de calor entre o contrapiso e a manta, ele apenas retarda.

## 4.2 ANÁLISE DA TEMPERATURA AMBIENTE

No mês de março obtiveram-se temperaturas mais altas do que no mês de abril, isso se explica com o gráfico da média de temperaturas ambiente apresentado a seguir.

Figura 30 - Gráfico de temperatura ambiente nos meses de março e abril.



Fonte: do autor

Isso também pode ser comprovado através do gráfico gerado pelo INMET (Instituto Nacional de meteorologia) dos meses de março e abril onde se podem visualizar as máximas e mínimas de cada dia.

Figura 31 - Gráfico de temperatura ambiente nos meses de março e abril.



Fonte: Inmet com adaptações.

## 4.2 ANÁLISE DOS ENSAIOS LABORATORIAIS

Neste item serão analisados os resultados obtidos com os ensaios de alongamento, tração e flexibilidade para amostras retiradas aos, 30 e 60 dias. Os resultados de caracterização serão novamente apresentados nos quadros 12 e 13 para que se possa realizar uma análise completa dos resultados. Os valores referentes ao tempo 0 das MA, MAC, MACI foram representados apenas em uma coluna tendo em vista que se trata do mesmo material.

Quadro 12 - Apresentação dos ensaios laboratoriais das MA, MAC e MACI.

			MA		MAC		MACI	
Tempo de Exposição		0	30	60	30	60	30	60
Tração	Longitudinal N/5cm	625,58	571,93	568,5	584,29	626,85	548,40	614,59
	Transversal N/5cm	525,93	515,94	480,14	503,58	521,43	447,58	501,91
Alongamento	Longitudinal	38,32%	41,19%	40,81%	41,70%	43,82%	42,19%	44,09%
	Transversal	40,48%	42,93%	42,38%	44,40%	41,97%	42,87%	44,05%
Flexibilidade		-5°C	-5°C	-5°C	-5°C	-5°C	-5°C	-5°C

Fonte: do autor

Quadro 13 - Apresentação dos ensaios laboratoriais das MAL e MAR

		MAL			MAR		
Tempo de Exposição		0	30	60	0	30	60
Tração	Longitudinal N/5cm	643,13	584,58	618,32	559,28	570,76	545,45
	Transversal N/5cm	542,90	575,86	585,56	268,60	238,99	282,83
Alongamento	Longitudinal	38,24%	41,12%	40,81%	32,80%	32,71%	34,93%
	Transversal	45,75%	43,10%	45,33%	41,67%	46,40%	45,90%
Flexibilidade		-5° C	-5°C	0°C	0° C	0°C	0°C

Fonte: do autor

Como pode ser visto nos resultados apresentados acima, os ensaios de tração e alongamento não apresentam uniformidade em função do material estruturante da manta. O não tecido de poliéster é um material anisotrópico, logo as propriedades de resistência à tração e alongamento apresentam uma certa variação. Porém, todas as mantas mantiveram os resultados acima do mínimo de norma (400 N), exceto a manta ardosiada na direção transversal à fabricação.

A manta aluminizada foi a única que apresentou variação no ensaio de flexibilidade a baixa temperatura depois de exposta durante 60 dias. No tempo zero e com 30 dias ela se manteve flexível na temperatura de -5°C (Tipo B), porém na idade de 60 dias a flexibilidade foi somente até 0°C. Tal comportamento indica uma perda de flexibilidade devido ao envelhecimento. Porém a norma NBR 9952 (ABNT, 2007) coloca que para mantas envelhecidas a temperatura no ensaio de flexão deve ser de 10°C a mais do que o ensaio com a manta sem exposição, ou seja 5°C. Portanto a manta atende o limite da norma

## 5 CONCLUSÃO

Buscou-se neste trabalho analisar a variação da temperatura em diversos tipos de manta asfálticas em situações diferentes de exposição, comparando assim as mantas com proteção mecânica, com e sem isolamento térmico e as autoprotetidas

Com base nos resultados e discussões apresentadas neste estudo, pode-se concluir:

- As temperaturas obtidas na manta com isolamento térmico no horário de pico foram menores em relação as que não o possuíam;
- Apesar de o isolamento térmico causar diminuição da temperatura no horário de pico, ele não reduz o gradiente térmico na manta, sendo que as mantas que possuem o mesmo apresentaram maiores variações de temperatura;
- Se o isolamento térmico for utilizado para aplicações externas, como por exemplo em lajes, causa melhoria no conforto térmico pois o mesmo retarda o fluxo de calor deixando a temperatura do ambiente interno frio quando esta quente e vice versa;
- As mantas autoprotetidas tiveram desempenhos parecidos, porém nota-se que a manta aluminizada trabalha melhor em situações de alta incidência dos raios solares;
- A manta aluminizada perde rapidamente sua capacidade de reflexão em razão da diminuição do brilho da camada de alumínio. Já na manta ardosiada não foi perceptível alteração em sua camada superficial, mantendo assim sua cor;
- Nos resultados laboratoriais não foi perceptível mudança em relação a capacidade de tração e alongamento da mantas devido ao pouco tempo de exposição e também a pouca uniformidade do material estruturante utilizado na manta, o não tecido de poliéster. Com relação ao ensaio de flexibilidade a baixa temperatura a manta aluminizada apresentou perda após 60 dias de exposição.

De uma forma geral não é possível dizer que o isolamento térmico irá causar ganho na vida útil da manta. Seriam necessários mais alguns meses de estudo para que se possa observar, ou não, o ganho.

As mantas autoprotégidas demonstraram comportamento bastante semelhantes no que desrespeito a temperatura. Porém com a análise visual e com os ensaios laboratoriais foi possível observar perdas de flexibilidade e capacidade de reflexão na manta aluminizada o que a deixa menos eficiente quando comparada a manta ardosiada.

## **5.1 SUGETÃO PARA TRABALHOS FUTUROS**

A seguir são apresentadas sugestões para trabalhos futuros, mediante as necessidades verificadas e limitações do trabalho realizado:

- Há necessidade de dar continuidade as medições para que se possa observar como se comporta a absorção de calor das mantas em relação ao tempo de exposição e também verificar as temperaturas nos meses mais quentes.
- Continuar realizando mensalmente os ensaios laboratoriais para que se possa obter uma estimativa da vida útil da manta em função do tempo de exposição.
- Medir a temperatura do isolamento térmico e do interior do contrapiso com sensores termopar para que se possa observar de uma forma mais precisa o fluxo de calor.



## REFERÊNCIAS

ANDRADE J.J.O. Propriedade dos polímeros. In: ISAIA G.C (ed.). Materiais de construção civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. São Paulo: IBRACON, 2007. p.1263 - 1292

ANTUNES, Bianca. Construção de estanque. **Construção Mercado**, São Paulo, n. 39, p.183 – 188, periodicidade: mensal , 2004.

ARANTE, Kássia Y. **Uma visão geral sobre impermeabilização na construção civil**. 2007. 67 f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**: Agregados – determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: (ABNT) 2003

\_\_\_\_\_. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: (ABNT) 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 9552**: manta asfáltica para impermeabilização. Rio de Janeiro: (ABNT) 2007.

\_\_\_\_\_. **NBR 9574**. Execução de impermeabilização. Rio de Janeiro: (ABNT) 2008.

\_\_\_\_\_. **NBR 9575**: impermeabilização – seleção e projetos. Rio de Janeiro: (ABNT) 2010.

\_\_\_\_\_. **NBR 9776**: Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro: (ABNT) 1987.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1**: edificações habitacionais - desempenho. Rio de Janeiro: (ABNT) 2012.

BARROS, Carolina. **Apostila de polímeros**. 2011. 15p. Instituto Federal de Educação Ciência e tecnologia, Pelotas, Rio Grande do Sul 2011.

BAUER et al. Sistema de impermeabilização e isolamento térmico. In: ISAIA G.C (ed.). **Materiais de construção** civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. São Paulo: IBRACON, 2007. p.11355 - 1388

BAUER, L.a Falcão. Asfaltos e Alcatrões. In: BAUER, L.a Flacão. **Materiais de Construção**: novos materiais para construção civil. 5. ed. Rio de Janeiro: Livro Técnicos e Científicos Editora, 2008. Cap. 19, p. 571 - 582.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho de edificações habitacionais**: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

CERATTI, Pereira J.A. Materiais betuminosos. In: ISAIA G.C (ed.). **Materiais de construção** civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. São Paulo: IBRACON, 2007. p.1293 a 1328.

DANTE, J. G. Impermeabilização em obras de engenharia civil. 2006. 89 f. Monografia - Curso de Engenharia Civil, União Dinâmica De Faculdades Cataratas, Foz do Iguaçu, 2006.

FIGUEREDO, Pazini E. ; RÊGO Silva J.H. Materiais e produtos poliméricos. In: ISAIA G.C (ed.). **Materiais de construção** civil e princípios de ciência e engenharia de materiais – São Paulo: IBRACON, 2007. p. 1329 a 1354.

MELLO, L.S.L. **Impermeabilização** – materiais, procedimentos e desempenho. 2005. 43 f. (Monografia) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo 2005.

MOREIRA, Lúcia. Medição de Temperatura usando-se termopar – Cerâmica indústria. Setembro/outubro 2002.

RIGUI, Veturini G. **Estudo dos sistemas e impermeabilização**: patologias, prevenções e correções – Análise de casos. 2009. 94 f. Curso de Engenharia Civil, (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.

SOMA, Garcia L. **Estudo do processo de impermeabilização de edifícios residenciais**. 2009. 61 p. (Monografia) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo 2009.

VASCONCELOS A.S; PEREIRA, A.C. Avaliação experimental da vida útil de sistemas de impermeabilização mediante mantas betuminosas em edifícios: estudo de caso em ambientes do CNAT/IFRN. In: **CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE E NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNÓLOGICA**, 4., 2009, Belém.